

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**



①⑨ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 199 11 741 A 1**

⑳ Aktenzeichen: 199 11 741.1
㉔ Anmeldetag: 16. 3. 1999
㉕ Offenlegungstag: 21. 9. 2000

㉖ Int. Cl.⁷:
B 01 D 53/26
F 04 B 39/12
F 04 B 41/02
F 04 B 49/00
B 60 T 17/00

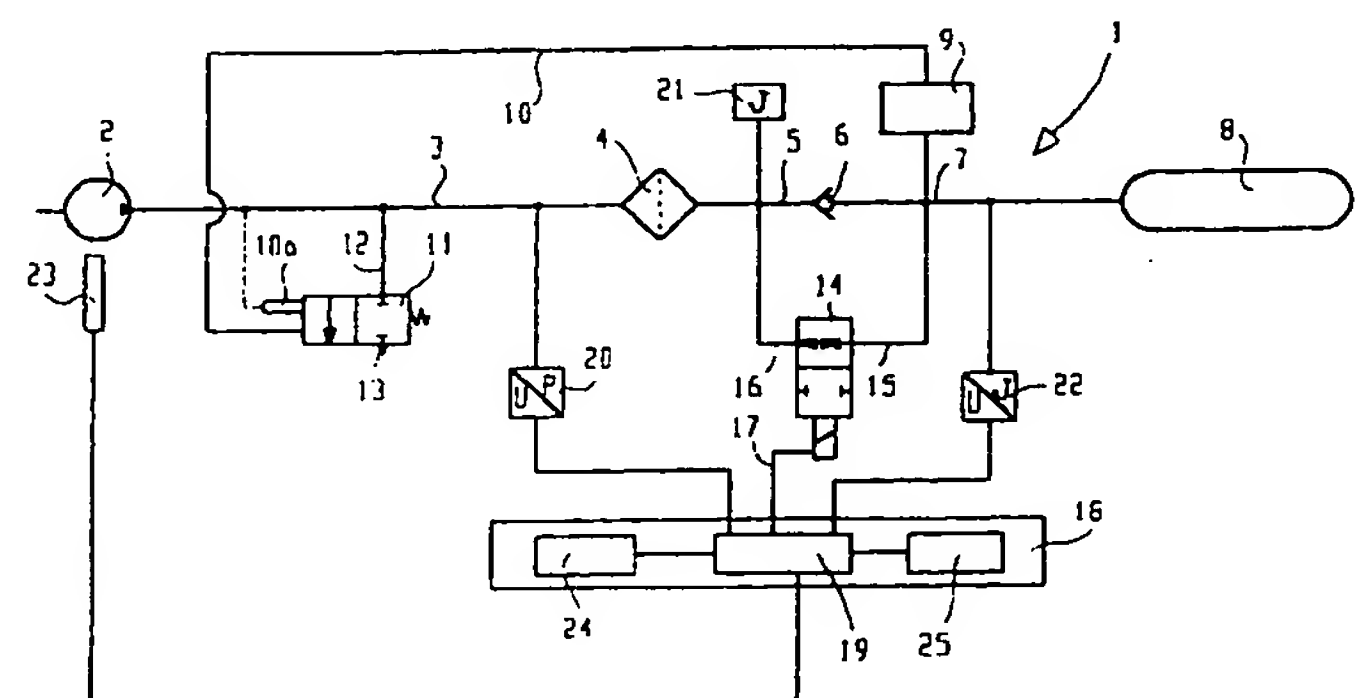
DE 199 11 741 A 1

㉗ Anmelder:
Knorr-Bremse Systeme für Nutzfahrzeuge GmbH,
80809 München, DE

㉘ Erfinder:
Melcher, Gernot, 80796 München, DE; Knaust,
Holger, 85247 Schwabhausen, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

- ㉙ Vorrichtung und Verfahren zur Luftaufbereitung, insbesondere für pneumatische Bremsanlagen von Kraftfahrzeugen
- ㉚ Zur Steuerung der Lufttrocknerregenerierung wird der momentane Sättigungsgrad des Lufttrockners (4) verwendet, der sich aus der Menge (V) feuchter Luft und der Menge trockener Regenerationsluft ergibt, die durch den Lufttrockner (4) strömt, wobei die Menge (V) feuchter Luft aus mehreren Förderparametern (V_K , η_K , η_K) des Kompressors (2) durch zeitliche Integration ermittelt wird und die Regenerationsluftmenge in Abhängigkeit von der ermittelten Menge feuchter Luft (V) und unter Berücksichtigung einer Systemdruckgröße (p) der Luftaufbereitungs-
vorrichtung (1) gesteuert wird (Fig. 1).



DE 199 11 741 A 1

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruches 1 und ein Verfahren gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruches 11 zur Luftaufbereitung.

5 Aus der EP 0 19 9 948 ist eine Aufbereitungsvorrichtung mit einem Kompressor und zwei über ein Wechselventil damit verbundenen Lufttrocknern bekannt, die über je ein Rückschlagventil an einen gemeinsamen Druckluftbehälter angeschlossen sind und von denen abwechselnd jeweils einer zur Trocknung verwendet und der andere mit getrockneter Druckluft regeneriert wird. Bei Erreichen eines vorgegebenen Abschalt drucks im Behälter schaltet ein Entlüftungsventil von einer Förderstellung in eine Leerlaufstellung um, in der die vom Kompressor geförderte Luft in die Atmosphäre ab-
10 geblasen wird.

Parallel zu den beiden Rückschlagventilen ist ein Magnetventil geschaltet, das in stromlosem Zustand offen ist und trockene Druckluft aus dem Druckluftbehälter in Gegenstromrichtung durch den gerade zu regenerierendem Lufttrockner in die Atmosphäre strömen läßt, wodurch dem im Lufttrockner enthaltenen Trockenmittel Feuchtigkeit entzogen und dadurch dessen Wasseraufnahmekapazität regeneriert wird.

15 Die Steuerung der Luftaufbereitung erfolgt durch eine Elektronik, der als Eingangssignale die von einem Drehzahlgeber gelieferte Kompressordrehzahl und die momentane Schaltstellung des Entlüftungsventils zugeführt werden. In der Elektronik ist ein erster Zähler vorgesehen, der in der Förderstellung des Entlüftungsventils die Kompressordrehzahlsignale zählt, woraus die durch den trocknenden Lufttrockner geförderte Menge an feuchter Luft bzw. der Sättigungsgrad des Lufttrockners bestimmt wird. Ist der Lufttrockner gesättigt, so schaltet die Elektronik das Wechselventil zur Regene-
20 rierung des gesättigten Lufttrockners um. Die Regenerationsdauer wird durch einen zweiten Zähler überwacht, der nach Ablauf einer vorgegebenen Regenerationszeit die Regenerierung durch Umschalten des Magnetventils beendet. Die Steuerung der Regenerationsluftmenge erfolgt also rein zeitabhängig, was zu einem Überregenerieren und einem zu hohen Druckluftverbrauch bzw. zu einem Unterregenerieren führen kann.

Aus der EP 0 808 756 A1 ist eine Luftaufbereitungsvorrichtung bekannt, bei der zur Überbrückung eines dem Luft-
25 trockner nachgeschalteten Rückschlagventils ein von einer Elektronik angesteuertes Magnetventil verwendet wird, das in stromlosem Zustand geschlossen ist. Die durch den Lufttrockner strömende Regenerationsluftmenge wird hier bei aus dem sich einstellenden Druckgradientenverlauf ermittelt.

Die EP 0 036 569 B1 und EP 0 405 073 B1 beschreiben jeweils Lufttrockner, bei denen die Steuerung der Lufttrocknerregenerierung rein mechanisch erfolgt.

30 Aufgabe der Erfindung ist es, die eingangs genannte Luftaufbereitungsvorrichtung dahingehend zu verbessern, daß sie einen geringeren Luftverbrauch hat und ein Regenerieren des Lufttrockners nur dann stattfindet, wenn es wirklich erforderlich ist.

Das Grundprinzip der Erfindung besteht darin, zur Steuerung der Luftaufbereitung den momentanen Sättigungsgrad des Lufttrockners zu verwenden, der sich aus der Menge feuchter Luft und der Menge trockener Regenerationsluft ergibt, die durch den Lufttrockner strömt, wobei im Gegensatz zum Stand der Technik die Menge feuchter Luft aus mehreren
35 Förderparametern des Kompressors durch zeitliche Integration ermittelt wird und die Regenerationsluftmenge in Abhängigkeit von der ermittelten Menge feuchter Luft und unter Berücksichtigung einer "Systemdruckgröße" der Luftaufbereitungsvorrichtung gesteuert wird.

Als Betriebsparameter zur Bestimmung der Menge feuchter Luft können das Hubvolumen, der Liefergrad und die
40 Drehzahl verwendet werden und als Systemdruckgröße zur Steuerung der Regenerationsluftmenge können der Abschalt druck oder der Druckverlauf in der Luftaufbereitungsvorrichtung, d. h. beispielsweise der Druck der im Druckbehälter gespeicherten und zur Regeneration verwendeten Luft verwendet werden.

Die zur Regenerierung des Lufttrockners tatsächlich erforderliche Regenerationsluftmenge bzw. die erforderliche Re-
45 generationszeit wird dabei entsprechend der Menge feuchter Luft gesteuert, die seit der letzten Regenerierung durch den Lufttrockner geströmt ist. Zur Steuerung der Lufttrocknerregenerierung ist eine Steuereinrichtung mit integriertem Zähler vorgesehen, dessen Zählerstand dem momentanen Sättigungsgrad entspricht.

Durch die Berücksichtigung des Liefergrades des Kompressors und einer Systemdruckgröße kann der momentane Sättigungsgrad des Lufttrockners im Vergleich zum Stand der Technik exakter bestimmt werden, was eine genauere Be-
50 stimmung des erforderlichen Regenerationszeitpunktes und der erforderlichen Regenerationsdauer und somit eine Reduzierung des Verbrauchs an trockener Regenerationsluft ermöglicht.

Eine weitere Verbesserung läßt sich erreichen, wenn der zur Bestimmung der feuchten Luftmenge verwendete Liefer-
grad in Abhängigkeit vom jeweils herrschenden Kompressor gegendruck und der momentanen Kompressordrehzahl an-
hand einer Matrix oder durch eine Funktion bestimmt wird, d. h. in Abhängigkeit einzelner Betriebsparameter der Luft-
aufbereitungsvorrichtung.

55 Für eine noch exaktere Steuerung der Luftaufbereitung kann der Temperaturunterschied zwischen der vom Kompressor geförderten Luft und der Regenerationsluft durch einen Temperatureinflußfaktor berücksichtigt werden, wobei jedoch zur Vereinfachung die Temperatur der geförderten Luft auch gleich der Regenerationslufttemperatur gesetzt werden kann.

Die Berechnung des Fördervolumens bzw. der geförderten Menge feuchter Luft erfolgt durch zeitliche Integration des
60 vom Kompressor geförderten Volumenstroms. Für den Volumenstrom gilt:

$$\dot{V} = V_K \cdot n_K \cdot \eta_K \cdot \vartheta;$$

65 V_K : Kompressor-Hubvolumen;

n_K : Kompressordrehzahl;

η_K : Liefergrad des Kompressors;

ϑ : Temperatureinflußfaktor, zur Berücksichtigung der Temperaturdifferenz zwischen der vom Kompressor geförderten Luft und der Regenerationsluft.

Durch zeitliche Integration des Volumenstroms läßt sich das vom Kompressor geförderte Volumen der feuchten Luft nach folgender Formel berechnen:

$$V = \int_0^t (v_K * n_K * \eta_K * \vartheta) dt \quad 5$$

In der Praxis ist selbstverständlich eine näherungsweise Berechnung durch numerische Integration in Zeitschritten der Länge Δt_a möglich:

$$V = \sum_{a=1}^n v_K * n_K * \eta_K * \vartheta * \Delta t_a \quad 10$$

Im Folgenden wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen im Zusammenhang mit der Zeichnung näher erläutert.

Es zeigen:

Fig. 1 eine Luftaufbereitungsvorrichtung mit mechanischem Druckregler;

Fig. 2 eine Luftaufbereitungsvorrichtung mit elektronischem Druckregler;

Fig. 3 ein weiteres Ausführungsbeispiel mit elektronischem Druckregler;

Fig. 4 eine Kurvenschar zur Bestimmung des Liefergrades; und

Fig. 5 eine Matrix zur Bestimmung des Liefergrades.

Fig. 1 zeigt eine Luftaufbereitungsvorrichtung **1** mit einem Kompressor **2**, der z. B. über ein Getriebe mit einem Fahrzeugmotor (nicht dargestellt) gekoppelt ist und ständig mitläuft und der über eine Eingangsleitung **3** mit einem Lufttrockner **4** mit integrierter Trockenmittelpatrone (nicht dargestellt) verbunden ist. Der Lufttrockner **4** ist über eine Ausgangsleitung **5** mit einem Rückschlagventil **6** verbunden, von dem eine Druckleitung **7** zu einem Druckluftbehälter **8** einer Fahrzeugbremsanlage (nicht dargestellt) führt. An die Druckleitung **7** ist ein Druckregler **9** angeschlossen, der hier mechanisch arbeitet, und der über eine pneumatische Leitung **10** mit dem pneumatischen Steuereingang eines Abbläßventils **11** verbunden ist. Das Abbläßventil **11** kann einen weiteren Steuereingang **10a** aufweisen, der mit der Eingangsleitung **3** verbunden ist.

Das Abbläßventil **11** weist ferner eine Eingangsleitung **12** auf, die mit der Eingangsleitung **3** verbunden ist und hat einen zur Atmosphäre hin offenen Auslaß **13**, wobei in der gezeigten Grundstellung die Eingangsleitung **12** gegenüber dem Auslaß **13** abgesperrt ist.

Aufgabe des Druckreglers **9** ist es, bei Erreichen eines vorgegebenen Abschalt drucks in der Druckleitung **7** bzw. im Druckluftbehälter **8** das Abbläßventil **11** in "Leerlaufstellung" umzuschalten, in der die vom Kompressor **2** geförderte Luft über die Eingangsleitung **12** und den Auslaß **13** in die Atmosphäre geblasen wird, so daß der Kompressor nach Erreichen des Abschalt druck im "Leerlauf" betrieben wird. Das Abbläßventil **11** wird dann solange in der Leerlaufstellung gehalten, bis der Druck im Druckluftbehälter **8** auf einen vorgegebenen Einschalt druck abgesunken ist.

Ferner ist ein Magnetventil **14** vorgesehen, das parallel zum Rückschlagventil **6** geschaltet ist, wobei ein Eingang **15** des Magnetventils **14** mit der Druckleitung **7** und ein Ausgang **16** mit der Ausgangsleitung **5** verbunden ist. In der hier gezeigten stromlosen Stellung des Magnetventils **14** ist Eingang **15** mit dem Ausgang **16** verbunden, d. h. das Rückschlagventil **6** ist überbrückt. Das Magnetventil **14** weist ferner einen elektrischen Steuereingang **17** auf, der mit einer Steuereinrichtung **18** bzw. einem darin enthaltenen Mikroprozessor **19** verbunden ist.

Außerdem ist ein Druckspannungswandler **20** vorgesehen, der einen in der Eingangsleitung **3** herrschenden Druck in eine elektrische Spannung umwandelt und diese der Steuereinrichtung **18** zuführt, was eine Unterscheidung zwischen der Leerlaufstellung und der Förderstellung des Abbläßventils **11** ermöglicht, da der gemessene Druck in der Leerlaufstellung kleiner als in der Förderstellung ist.

Weiterhin ist ein mit der Ausgangsleitung **5** verbundener Temperatursensor **21** und ein mit der Druckleitung **7** verbundener Temperaturspannungswandler **22** vorgesehen, der die Temperatur der Druckluft in der Druckleitung **7** mißt und ein dieser entsprechendes Spannungssignal an die Steuereinrichtung **18** liefert.

Ferner ist ein Drehzahlsensor **23** vorgesehen, der hier die Drehzahl des Kompressors **2** mißt und der Steuereinrichtung **18** ein entsprechendes elektrisches Signal zuführt. Da der Kompressor einer pneumatischen Fahrzeugbremsanlage üblicherweise permanent mit dem Fahrzeugmotor mitläuft, kann alternativ zur Kompressordrehzahl auch die Motordrehzahl gemessen werden, wobei dann gegebenenfalls ein Übersetzungsverhältnis zwischen Motor und Kompressor zu berücksichtigen ist.

Die Steuervorrichtung **18** weist ferner einen Speicher **24** auf, in dem verschiedene für die Steuerung der Luftaufbereitung erforderliche Daten gespeichert sind, wie z. B. das Hubvolumen des Kompressors, der Liefergrad des Kompressors – gegebenenfalls als Funktion des Kompressor gegendrucks und der Kompressordrehzahl – der Abschalt druck des Druckreglers **9**, ein Temperatureinflußfaktor ϑ zur Berücksichtigung des Temperaturunterschieds zwischen der vom Kompressor **2** geförderten Luft und der zur Regenerierung des Lufttrockners **4** verwendeten Druckluft **9**, ein Regenerationsluftfaktor i_R , der z. B. vom Abschalt druck des Druckreglers **9** abhängt, Leitungs- bzw. Ventilquerschnitte und Strömungsverlustfaktoren einzelner Komponenten.

Die Steuereinrichtung **18** weist ferner einen Zähler **25** auf, der durch den Mikroprozessor **19** gesteuert wird und dessen Zählerstand dem momentanen Sättigungsgrad bzw. der momentanen Wasseraufnahmekapazität des Lufttrockners **4** entspricht.

Im Folgenden wird die Funktionsweise der Luftaufbereitungsvorrichtung beschrieben:

Beim Starten eines Fahrzeugs mit einer pneumatischen Bremsanlage muß zunächst sichergestellt sein, daß ein ausreichender Vorrat trockener Druckluft mit ausreichend hohem Luftdruck vorhanden ist. Der Kompressor **2** erzeugt durch Komprimieren von Umgebungsluft Druckluft, die dann durch die im Lufttrockner **4** enthaltene Trockenmittelpatrone strömt, wobei ihr Feuchtigkeit entzogen wird, und die weiter über das Rückschlagventil **6** in den Druckluftbehälter **8**

strömt, der als Druckluftspeicher für eine daran angeschlossene Bremsanlage (nicht dargestellt) dient.

Da die Trockenmittelpatrone des Luftrockners 4 nur eine begrenzte Wasseraufnahmekapazität besitzt muß diese in regelmäßigen Abständen, d. h. bei Erreichen eines bestimmten Sättigungsgrades durch trockene Luft regeneriert werden, wofür hier ebenfalls die im Druckluftbehälter 8 gespeicherte Druckluft verwendet wird.

Um die Wasseraufnahmekapazität des Luftrockners möglichst optimal auszuschöpfen, ist es wichtig, daß der Sättigungsgrad des Luftrockners, bei dem die Regenerierung beginnen soll, d. h. der optimale Regenerationszeitpunkt möglichst genau bestimmbar wird. Für eine optimale Regenerierung des Luftrockners mit möglichst geringem Druckluftverbrauch ist es ferner wichtig, daß die erforderliche Menge trockener Regenerationsluft möglichst exakt gesteuert wird, was durch Steuerung der Regenerationsdauer, d. h. durch zeitliche Steuerung der Ventile 11 und 14 erfolgen kann.

Der momentane Sättigungsgrad des Luftrockners 4 wird aus der Menge feuchter Luft und der Regenerationsluftmenge ermittelt, die durch den Luftrockner 4 geströmt ist, was durch die Steuervorrichtung 18 überwacht wird, wobei der Zählerstand des Zählers 25 dem momentanen Sättigungsgrad entspricht. Der Zählerstand erhöht sich z. B. beim Befüllen des Druckluftbehälters 8 und vermindert sich während des Regenerierens.

Befindet sich das Ablaßventil 11 in der hier gezeigten Sperrstellung, d. h. strömt feuchte Luft durch den Luftfilter 4, so berechnet die Steuereinrichtung 4 aus dem Hubvolumen V_K , der momentanen Drehzahl n_K , dem Liefergrad η_K das Volumen, der durch den Luftfilter 4 strömenden feuchten Luft, wobei der Zählerstand entsprechend der Zunahme des Förder Volumens erhöht wird. Für eine weitere Verbesserung der Rechengenauigkeit kann noch der Temperatureinflußfaktor ϑ entsprechend der Formel

$$V = \sum_{a=1}^n V_K * n_K * \eta_K * \vartheta * \Delta t_a$$

berücksichtigt werden, der entweder als konstanter Wert angesetzt werden kann oder zeitlich variabel sein und mit Hilfe des Temperatur/Spannungswandlers 22 ermittelt werden kann. In dieser "Trocknungsphase" befindet sich das Magnetventil 14 nicht in der in Fig. 1 gezeigten stromlosen Stellung, sondern wird durch die Steuervorrichtung 18 angesteuert und sperrt den Eingang 15 gegenüber dem Ausgang 16 ab.

Bei Erreichen eines bestimmten Sättigungsgrades, der einem bestimmten Endzählerstand entspricht, schaltet die Steuereinrichtung 18 den Steuereingang 17 ab und das Magnetventil geht in die hier gezeigte Regenerierungsstellung.

Gleichzeitig schaltet das Ablaßventil 11 in Ablaßstellung, so daß trockene Regenerationsluft aus dem Druckluftbehälter 8 über das Magnetventil 14 vorbei am Rückschlagventil 6 in Gegenstromrichtung durch den Luftrockner 4 und weiter über das Ablaßventil 11 in die Atmosphäre strömen kann, wobei der Trockenmittelpatrone Feuchtigkeit entzogen wird und die Wasseraufnahmekapazität des Luftrockners 4 regeneriert wird. Da der Druckregler 9 mechanisch arbeitet und nicht unmittelbar mit der Steuervorrichtung 18 gekoppelt ist, ist hier der Druck/Spannungswandler 20 vorgesehen, der eine beim Umschalten des Ablaßventils 11 auftretende Druckänderung serisiert und der Steuervorrichtung 18 mitteilt.

Die zur Regenerierung erforderliche Regenerationsluftmenge wird dadurch gesteuert, daß die Steuervorrichtung 18 nach einer bestimmten Regenerationszeit das Magnetventil 14 wieder in Sperrstellung schaltet und dadurch die Regenerierung beendet. Die erforderliche Regenerationszeit t_{Reg} wird dabei in Abhängigkeit vom Sättigungsgrad zu Beginn der Regenerierung bzw. dem zugeordneten aktuellen Zählerstand und einem Regenerationsluftfaktor i_p ermittelt, der entweder eine Konstante oder eine Variable sein kann, die vom Druck der Regenerationsluft oder vom Abschalt Druck des Druckreglers 9 abhängen kann. Die erforderliche Regenerationszeit t_{Reg} kann z. B. nach folgender Formel berechnet werden:

$$t_{Reg} = k \cdot i_p \cdot V$$

wobei der Regenerationsluftfaktor i_p z. B. folgendermaßen in Abhängigkeit des Abschalt Drucks p_{ab} gewählt werden kann.

p	8 bar	10 bar	12 bar
i_p	15 %	12 %	10 %

Alternativ dazu kann der Regenerationsluftfaktor i_p auch als druckabhängige Funktion im Speicher 24 gespeichert sein.

V ist hierbei das seit der letzten Regenerierung durch den Luftrockner geströmte Volumen feuchter Luft und k ist eine Konstante, mit der die Strömungsgeometrie der Luftaufbereitungs Vorrichtung, wie z. B. das Durchflußvolumen des Magnetventils 14 berücksichtigt wird.

Während der Regenerationsphase wird der Zählerstand entsprechend der verbrauchten Regenerationsluftmenge bzw. entsprechend der abgelaufenen Regenerationszeit t_{Reg} dekrementiert, bis ein vorgegebener Zählerstand erreicht ist, der die Beendigung der Luftrockneraufbereitung anzeigt.

Bei dieser Regenerationsluftmengenbestimmung wird die Annahme getroffen, daß in der Eingangsleitung 3 des Luftrockners 4 zu 100% gesättigte Luft vorliegt. Alternativ dazu kann zur Berechnung des Sättigungsgrades auch vorgesehen sein, daß der Zähler 25 in Abhängigkeit von den aktuell vorliegenden Werten der Drehzahl n_K , des Liefergrades η_K und des Temperatureinflußfaktors ϑ schneller oder langsamer hochzählt.

Wie in Fig. 1 gezeigt, ist das Magnetventil 14 in unbestromten Zustand offen, d. h. es befindet sich in Regenerierungsstellung. Ist im Druckluftbehälter 8 ein bestimmter Vorratsdruck erreicht, so schaltet der Druckregler 9 das Ablaßventil

11 in Leerlaufstellung, solange bis der Druck im Druckluftbehälter **8** auf einen vorgegebenen Einschaltdruck abgesunken ist. Ein stromlos offenes Magnetventil **14** hat dabei den Vorteil, daß bei Ausfall der Steuervorrichtung **18** eine einfache permanente Notregenerierung bis zum Erreichen dieses Einschaltdrucks des Druckreglers **9** möglich ist.

Mit einer derartigen Regenerationssteuerung ist auch eine Zwischenregenerierung möglich, z. B. wenn während des Auffüllvorganges des Druckluftbehälters **8** die Trockenmittelkapazität vor Erreichen des Abschaltdruckes erreicht wird. 5

Ferner können durch die Steuervorrichtung **18** zu kurze Regenerationszyklen berücksichtigt werden, die bei ungünstigen Fahrzuständen, wie z. B. Stadtfahrten durch überhöhte Einschaltdauern des Kompressors auftreten. Die Elektronik erkennt in solchen Fällen unterbrochene Regenerationszyklen und holt diese später bei günstigeren Fahrzuständen nach.

Sollten die ungünstigen Fahrzustände längere Zeit anhalten, so daß die Trockenmittelpatrone naßgefahren wird, ist ein beschleunigtes Trockenfahren übersättigter Patronen möglich, indem mehrmals die gesamte Schaltspanne des Druckreglers zum Regenerieren verwendet wird. 10

Fig. 2 zeigt ein Ausführungsbeispiel, bei dem ein elektronischer Druckregler **9** verwendet wird. Im Unterschied zu **Fig. 1** ist hier der Druckspannungswandler **20** mit der Druckleitung **7** verbunden und liefert der Steuervorrichtung den aktuellen Behälterdruck. Erreicht der Behälterdruck den vorgegebenen Abschaltdruck, so schaltet der elektronische Druckregler das Ablaßventil **11** um, d. h. der Kompressor **2** befindet sich dann in der Leerlaufphase. 15

Fig. 3 zeigt ein Ausführungsbeispiel, bei dem ebenfalls ein elektronischer Druckregler **9** verwendet wird. Im Unterschied zu **Fig. 2** ist der Eingang **15** des Magnetventils **14** mit der vom Druckregler **9** kommenden Leitung **10** und der Ausgang **16** mit der Ausgangsleitung **5** des Lufttrockners **4** verbunden. Im Gegensatz zu den **Fig. 1** und **2** sperrt das Magnetventil **14** im stromlosen Zustand.

Bei der Bestimmung der vom Kompressor geförderten Menge feuchter Luft, kann der Liefergrad η_K des Kompressors in verschiedener Weise in die Berechnung eingehen, was im Zusammenhang mit den **Fig. 4** und **5** näher erläutert wird. 20

Eine Möglichkeit besteht darin, den Liefergrad η_K über den gesamten möglichen Drehzahl- und Gegendruckbereich als konstant anzusetzen, z. B. $\eta_K = 0,55$.

Eine weitere Möglichkeit besteht darin, den Liefergrad η_K als Funktion in Abhängigkeit von der Drehzahl n_K und dem Kompressorgegendruck p zu beschreiben, wobei eine entsprechende Funktion zur Bestimmung des Liefergrades η_K im Speicher **24** der Steuervorrichtung abgelegt sein kann. In **Fig. 4** ist der Liefergrad η_K durch eine Kurvenschar für drei verschiedene Gegendrücke p_1 , p_2 bzw. p_3 über der Kompressordrehzahl n_K dargestellt. 25

Alternativ dazu kann der Liefergrad η_K auch durch eine im Speicher **24** abgelegte Matrix beschrieben werden, was in **Fig. 5** dargestellt ist. In den einzelnen Feldern dieser Matrix sind unterschiedliche Werte eingetragen, die jeweils einem bestimmten "Gegendruckbereich", z. B. $p_1 < p < p_2$ und einem bestimmten Drehzahlbereich $n_1 < n_K < n_2$ zugeordnet sind. 30

Bei der Bestimmung des Liefergrades η_K können auch "Mischformen" verwendet werden. Es kann beispielsweise vorgesehen sein, daß η_K in einem Bereich von 0 bis 8 bar als konstant angesetzt wird und oberhalb 8 bar durch eine Funktion oder eine Matrix beschrieben wird. 35

Patentansprüche

1. Luftaufbereitungsvorrichtung, insbesondere für pneumatische Bremsanlagen von Kraftfahrzeugen, mit einem Kompressor, einem daran angeschlossenen Lufttrockner, der über ein Rückschlagventil und eine Druckleitung mit einem Luftspeicher verbunden ist, wobei ein Entlüftungsventil vorgesehen ist, mittels dem der Kompressor bei Erreichen eines vorgegebenen Abschaltdrucks in der Druckleitung mit Atmosphäre verbindbar ist, mit einem parallel zu dem Rückschlagventil geschalteten Magnetventil, das in einer ersten Stellung sperrt und das bei Erreichen eines vorgegebenen Sättigungsgrades des Lufttrockners in eine Regenerationsstellung schaltet, in der getrocknete Regenerationsluft aus dem Luftspeicher in Gegenstromrichtung durch den Lufttrockner in die Atmosphäre strömt, 40

einem Drehzahlgeber, der ein der Drehzahl des Kompressors entsprechendes Signal erzeugt und einer elektronischen Steuervorrichtung zuführt, die den Sättigungsgrad ermittelt und das Magnetventil steuert, wobei der Sättigungsgrad aus der Menge feuchter Luft und der Regenerationsluftmenge ermittelt wird, die durch den Lufttrockner strömt, **dadurch gekennzeichnet**, 45

daß die Menge feuchter Luft aus dem Hubvolumen (V_K) und dem Liefergrad (η_K) und der Drehzahl (n_K) des Kompressors (**2**) durch zeitliche Integration ermittelt wird und daß die Regenerationsluftmenge in Abhängigkeit von der ermittelten Menge feuchter Luft und dem Regenerationsluftdruck gesteuert wird. 50

2. Luftaufbereitungsvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß bei der Bestimmung des Sättigungsgrades der Temperaturunterschied (ϑ) zwischen der vom Kompressor (**2**) geförderten Luft und der Temperatur der Regenerationsluft berücksichtigt wird. 55

3. Luftaufbereitungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Liefergrad (η_K) zumindest in einem vorgegebenen Druckbereich in der Druckleitung (**7**) als konstant angesetzt wird.

4. Luftaufbereitungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Liefergrad (η_K) durch eine vom Kompressorgegendruck (p) und der Drehzahl (n_K) des Kompressors (**2**) abhängige Funktion beschrieben ist, die in der Steuervorrichtung (**18**) gespeichert ist. 60

5. Luftaufbereitungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Liefergrad (η_K) durch die Felder einer Matrix beschrieben ist, die jeweils einem Bereich (p_1 , p_2) des Kompressorgegendrucks und einem Drehzahlbereich (n_1 , n_2) des Kompressors (**2**) zugeordnet sind.

6. Luftaufbereitungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß das Magnetventil (**14**) in stromlosen Zustand in Regenerationsstellung ist. 65

7. Luftaufbereitungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Abschalt- druck durch einen an die Druckleitung (**7**) angeschlossenen Druckregler (**9**) überwacht wird, welcher das Entlüf-

tungsventil (11) steuert.

8. Luftaufbereitungsvorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Druckregler (9) ein mechanischer Druckregler ist und daß zwischen dem Kompressor (2) und dem Lufttrockner (4) ein Druckmeßwandler (20) angeschlossen ist, welcher der Steuervorrichtung (18) ein dem gemessenen Druck entsprechendes elektrisches Signal liefert.

9. Luftaufbereitungsvorrichtung für Druckluft nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Druckregler (9) ein elektronischer Druckregler ist und daß an die Druckmeßleitung (7) ein Druckmeßwandler (22) angeschlossen ist, welcher der Steuervorrichtung (18) ein dem gemessenen Druck entsprechendes elektrisches Signal liefert.

10. Luftaufbereitungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß ein Temperaturmeßwandler (22) vorgesehen ist, der die Lufttemperatur in der Druckleitung (7) mißt und der Druckregler (9) ein mechanischer Druckregler ist und der der Steuervorrichtung (18) ein der gemessenen Lufttemperatur entsprechendes elektrisches Signal liefert.

11. Verfahren zum Aufbereiten von Druckluft, insbesondere für pneumatische Bremsanlagen von Kraftfahrzeugen, bei dem Druckluft durch einen Kompressor erzeugt und mittels eines daran angeschlossenen Lufttrockners getrocknet wird bis ein bestimmter Sättigungsgrad des Lufttrockners erreicht ist, der aus der Menge feuchter Luft und der Regenerationsluftmenge ermittelt wird, die durch den Lufttrockner strömt, wobei der Lufttrockner bei Erreichen des vorgegebenen Sättigungsgrades regeneriert wird, indem Regenerationsluft im Gegenstrom durch den Lufttrockner geleitet wird und wobei zur Bestimmung der Menge der durch den Lufttrockner strömenden feuchten Luft ein der Drehzahl des Kompressors entsprechendes elektrisches Signal verwendet wird, dadurch gekennzeichnet, daß die Menge feuchter Luft aus dem Hubvolumen (V_K) und dem Liefergrad (η_K) und der Drehzahl (n_K) des Kompressors (2) durch zeitliche Integration ermittelt wird und daß die Regenerationsluftmenge in Abhängigkeit von der ermittelten Menge feuchter Luft und dem Regenerationsluftdruck gesteuert wird.

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

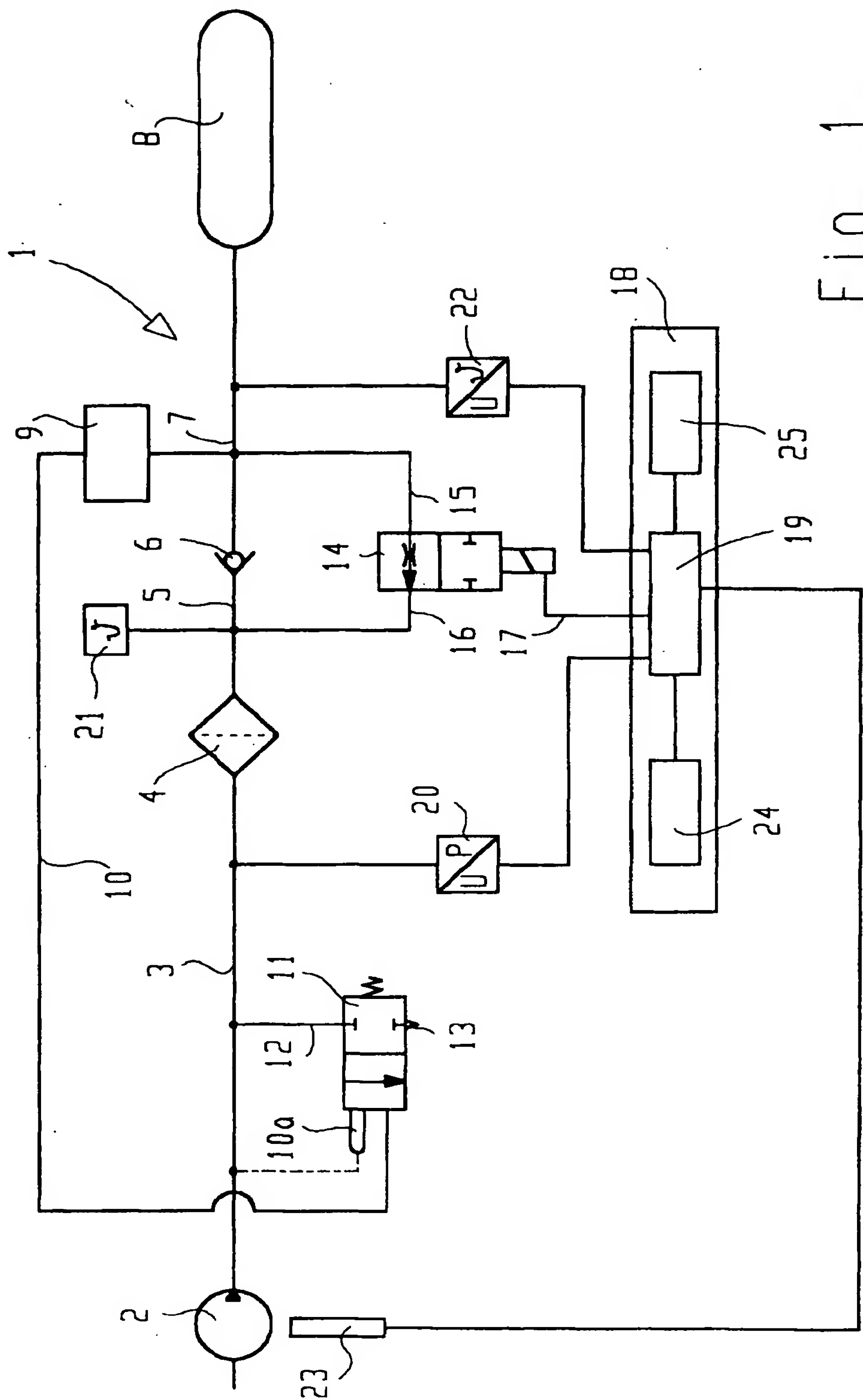


Fig. 1

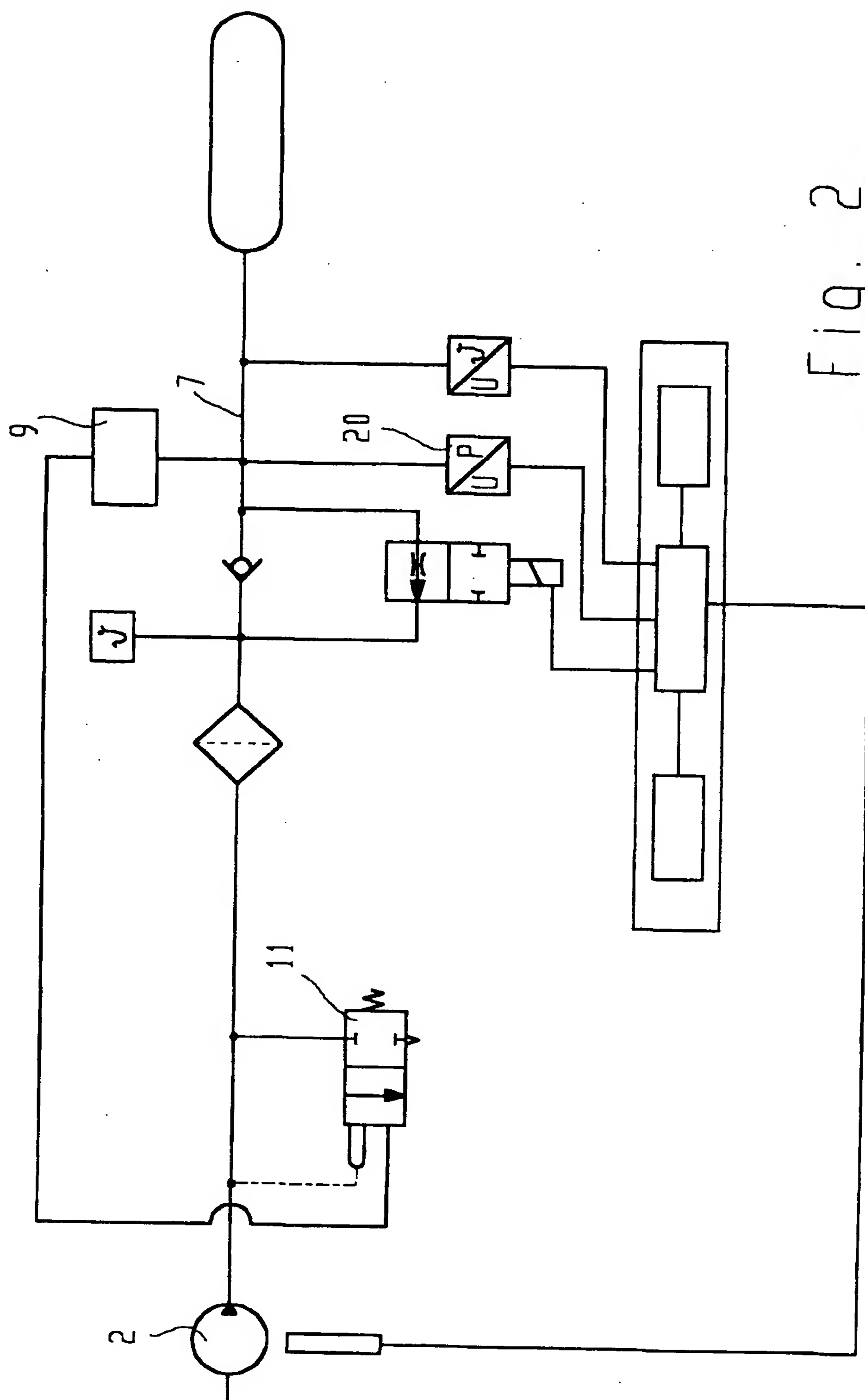


Fig. 2

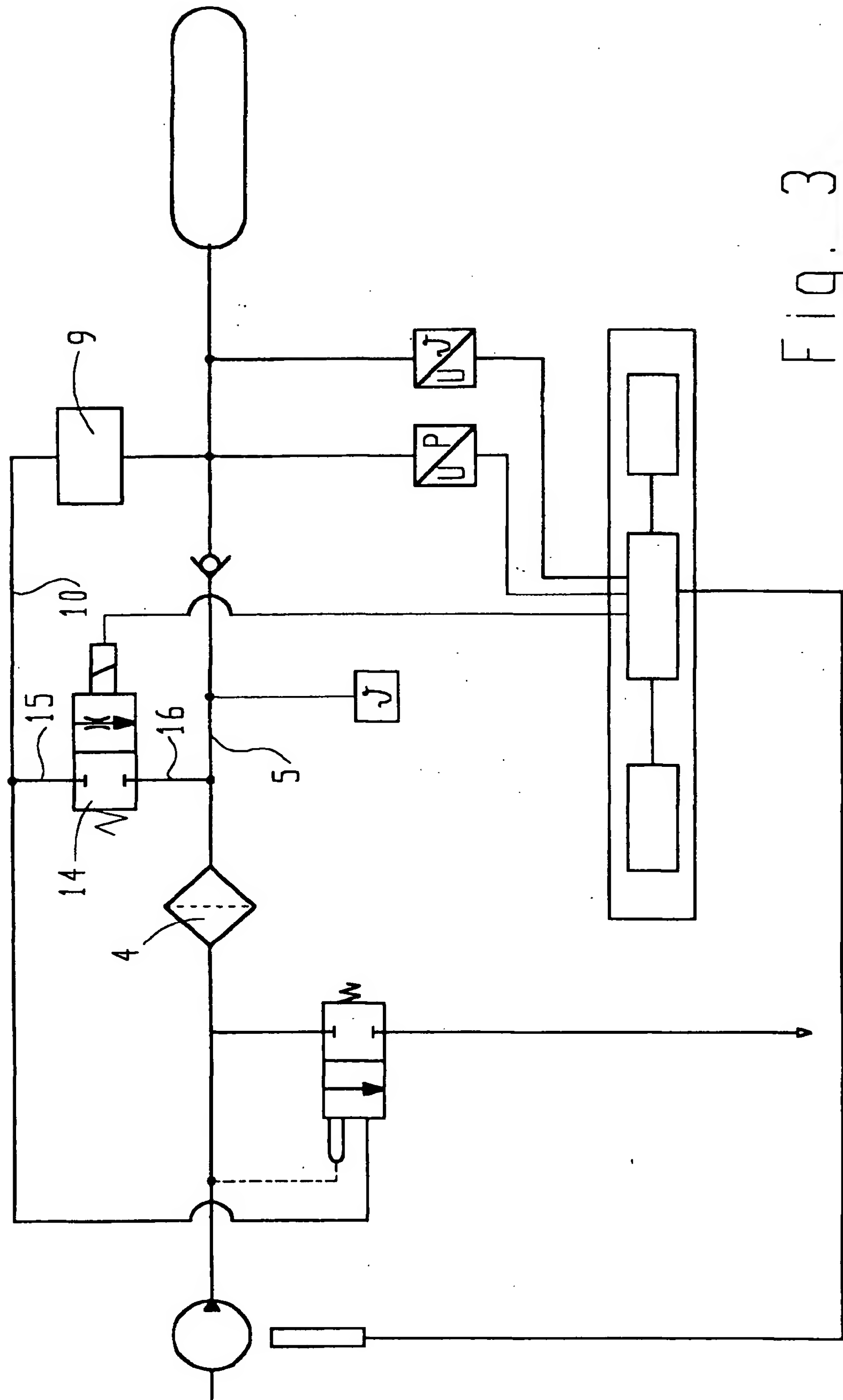


Fig. 3

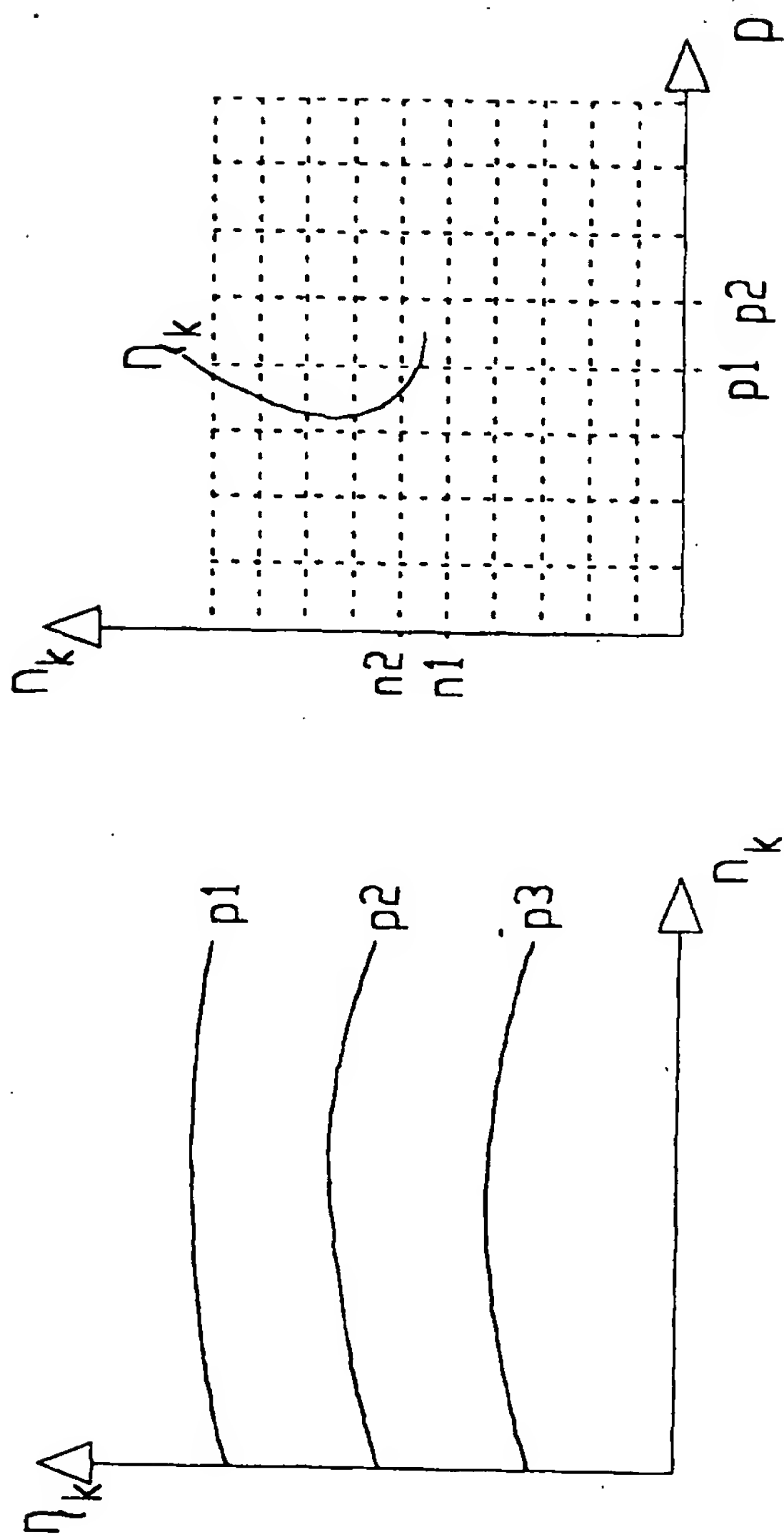


Fig. 5

Fig. 4